

97 P 6457



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Pat ntschrift  
⑩ DE 195 43 540 C 1

B4

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 L 25/065**  
H 01 L 23/532  
H 01 L 23/50  
H 01 L 21/58  
B 32 B 7/02  
B 32 B 27/08  
C 08 F 112/00

②1 Aktenzeichen: 195 43 540.0-33  
②2 Anmeldetag: 22. 11. 95  
④3 Offenlegungstag: —  
④6 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21. 11. 98

DE 195 43 540 C 1

Inn rhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

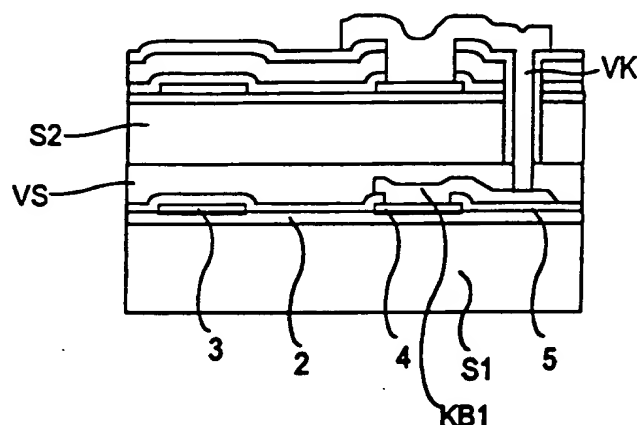
⑦2 Erfinder:  
Lauterbach, Christl, 85635  
Höhenkirchen-Siegertsbrunn, DE; Weber, Werner,  
Dr.rer.nat., 80637 München, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	44 00 985 C1
DE	43 14 907 C1
US	49 39 568

⑤4 Vertikal integriertes Halbleiterbauelement mit zwei miteinander verbundenen Substraten und  
Herstellungsverfahren dafür

⑤7 Für ein vertikal (dreidimensional) integriertes Halbleiter-  
bau lement wird vorgeschlagen, die Bauelementebenen auf  
verschiedenen Substraten zu realisieren, mittels einer Ver-  
bindungsschicht aus Benzocyclobuten zu verbinden und  
anschließend die elektrische Verbindung durch eine vertikale  
Kontaktstruktur zu erzeugen. Mit der Benzocyclobuten-Ver-  
bindungsschicht wird eine spannungsarme Verklebung in  
einem einfachen Verfahren ermöglicht.



DE 195 43 540 C 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit einer mehrere Bauelementebenen umfassenden Schichtstruktur sowie ein Verfahren zur Herstellung desselben.

5 Halbleiterschaltungen werden heute in Planartechnik hergestellt. Die erreichbare Komplexität auf einem Chip ist begrenzt durch dessen Größe und die erreichbare Strukturfeinheit. Die Leistungsfähigkeit eines aus mehreren miteinander verbundenen Halbleiterchips bestehenden Systems ist bei konventioneller Technik wesentlich begrenzt durch die begrenzte Zahl der möglichen Verbindungen zwischen einzelnen Chips über Anschlußkontakte, die geringe Geschwindigkeit der Signalübermittlung über solche Verbindungen zwischen verschiedenen Chips, die bei komplexen Chips begrenzte Geschwindigkeit durch weit verzweigte Leiterbahnen und  
10 den hohen Leistungsverbrauch der Interface-Schaltungen.

Diese aufgezeigten Beschränkungen bei der Verwendung der Planartechnik lassen sich mit dreidimensionalen Techniken der Verschaltung überwinden. Die Anordnung mehrerer Bauelementebenen übereinander erlaubt eine parallele Kommunikation dieser Komponenten mit geringem Aufwand für elektrisch leitende Verbindungen  
15 in einer Ebene. Außerdem werden geschwindigkeitsbegrenzende Interchip-Verbindungen vermieden.

Ein bekanntes Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler IC's beruht darauf, über einer Ebene von Bauelementen eine weitere Halbleiterschicht abzuscheiden und diese über ein geeignetes Verfahren (z. B. lokale Erwärmung mittels Lasers) zu rekristallisieren und darin eine weitere Bauelementebene zu realisieren. Auch diese Technik weist wesentliche Begrenzungen auf, die durch die thermische Belastung der unteren Ebene bei  
20 der Rekristallisierung und die durch Defekte begrenzte erreichbare Ausbeute gegeben sind.

In einem alternativen Verfahren werden die einzelnen Bauelementebenen getrennt voneinander hergestellt. Diese Ebenen werden auf wenige  $\mu\text{m}$  gedünnt und mittels Wafer-bonding miteinander verbunden. Die elektrischen Verbindungen werden in der Weise hergestellt, daß die einzelnen Bauelementebenen auf der Vorder- und Rückseite mit Kontakten zur Interchip-Verbindung versehen werden.

25 Aus der US 4 939 568 ist ein vertikal integriertes Halbleiterbauelement und ein dazugehöriges Herstellungsverfahren bekannt, bei dem die vertikale leitende Verbindung über vertikale Metallstifte erfolgt, die sich im Substrat jeweils einer Schichtebene befinden. Das Herstellungsverfahren sieht vor, die nicht mit einer Schichtstruktur versehene Rückseite des Substrats soweit abzuschleifen, bis diese vertikalen leitenden Verbindungen freigelegt sind. Diese Seite des Substrats kann dann ebenfalls mit Strukturen versehen werden. Für eine direkt  
30 Verbindung mit einer nachfolgenden Ebene des Bauelementes werden die freigelegten Oberflächen der vertikalen leitenden Verbindungen mit Aluminiumkontakten versehen.

Aus der DE 43 14 907 C1 ist ein Herstellungsverfahren für vertikal integrierte Bauelemente bekannt, bei dem die Bauelementebenen zunächst auf getrennten Substraten erzeugt werden. Nach dem Aufbringen einer Planarisierungsschicht auf dem unteren Substrat und Dünnen des oberen Substrats werden beide Substrate miteinander  
35 verbunden. Zur elektrisch leitenden Verbindung zwischen Bauelementebenen sind im Substrat integrierte, stiftförmige Metallstrukturen vorgesehen.

In der DE 44 00 985 C1 wird vorgeschlagen, für die Planarisierungsschicht Polyimid zu verwenden, zur Verbindung der Bauelementebenen zunächst Kontaktlöcher zu erzeugen und diese anschließend mit einem Kontaktmaterial aufzufüllen. Nachteilig an dieser Ausführung ist die Polyimidschicht, die beim Härten (bzw. Imidisieren) Wasser abspaltet und einen Reaktionsschwund zeigt. Abgespaltenes Wasser verbleibt zum großen Teil im Bauelement und führt zu zusätzlichen Spannungen, die das fertige Bauelement in seiner Funktion oder Haltbarkeit beeinträchtigen können. Außerdem besitzt eine Polyimidschicht eine nur geringe Planarisierungswirkung von z. B. 30%, so daß mehrere Schichten erforderlich sind, die wiederum Haftungsprobleme untereinander aufweisen.

45 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Struktur und ein einfaches Herstellungsverfahren für ein vertikal integriertes Bauelement anzugeben und insbesondere ein geeignetes Material für die Zwischenschicht aufzufinden, welches eine sichere und spannungsfreie Verbindung zwischen den Bauelementebenen gewährleistet und welches weitere erforderliche Fertigungsschritte für das vertikal integrierte Bauelement ohne Beschädigung übersteht.

50 Diese Aufgabe wird mit einem Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 gelöst. Das zugehörige Herstellungsverfahren und weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen Ansprüchen.

Das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement umfaßt mit anderen Worten zumindest zwei Bauelementebenen, die jeweils in einem eigenen Substrat realisiert sind. Im erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement sind die in getrennten Substraten realisierten Bauelementebenen durch eine Verbindungsschicht verklebt, welche ein  
55 homopolymerisiertes Benzocyclobuten (BCB) umfaßt. Die elektrische Verbindung zwischen den Bauelementebenen bzw. den in den Substraten realisierten Bauelementen wird durch eine vertikale Kontaktstruktur realisiert, die einen ersten Kontaktbereich auf dem ersten Substrat mit einem zweiten Kontaktbereich auf dem zweiten Substrat elektrisch leitend verbindet.

Mit der Erfindung wird erstmals eine Struktur vorgeschlagen, die eine spannungsfreie Verbindung der beiden  
60 Substrate ermöglicht. Da das zweite (obere) Substrat vor dem Verbinden auf eine möglichst geringe Schichtdicke von wenigen  $\mu\text{m}$  gedünnt wird, ist dieses besonders gegen thermomechanische Spannungen empfindlich. Da beim Härten der mit BCB realisierten Verbindungsschicht ein nur geringer Reaktionsschwund (von zum Beispiel weniger als 5 Prozent) auftritt, werden im erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement praktisch keine zusätzlichen Spannungen an der Grenzfläche zwischen Verbindungsschicht und zweitem Substrat beobachtet.

65 Die Verbindungsschicht weist eine sehr gute Haftung auf Halbleitern, Oxiden und Metallen auf, die üblicherweise die Oberflächen von Halbleiterbauelementen bilden. Die Verbindungsschicht aus BCB härtet ohne Abspaltung von flüchtigen Produkten und zeigt keine Ausgasungen. Dies ist insbesondere bei einer relativ großflächigen Verklebung wie b im erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement v n Bedeutung, da solche Ausgasungen

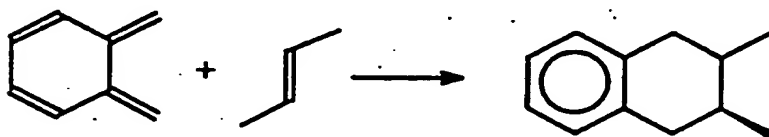
zu unerwünschten Gaseinschlüssen führen, die wiederum zu zusätzlichen Spannungen führen könnten.

BCB-Schichten sind hydrophob und zeigen keine Wasseraufnahme. Sie sind thermisch bis ca. 400°C stabil und überstehen daher übliche Umgebungsbedingungen während weiterer Fertigungsschritte und während des Betriebs des fertigen Halbleiterbauelements. Hinzu kommt, daß BCB-Schichten sehr gut planarisierend wirken. Bereits mit einer Planarisierungsschicht kann ein Planarisierungsgrad (DOP) von mehr als 90 Prozent erzielt werden. Als weitere vorteilhafte Eigenschaft zeigt die erfindungsgemäße Verbindungsschicht eine äußerst niedrige Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  von 2,5 (bei 1 MHz). Dadurch werden kapazitive Kopplungen zwischen den beiden Bauelementebenen bzw. zwischen den im ersten und im zweiten Substrat integrierten Schaltungen und Bauelementen reduziert. Die Glasübergangstemperatur der Verbindungsschicht aus BCB ist ausreichend hoch und liegt in einem Ausführungsbeispiel beispielsweise bei 350°C. So werden auch bei hohen Betriebstemperaturen des Halbleiterbauelements keine Phasenübergänge, die zu erhöhten thermischen Spannungen führen könnten, erwartet. Hervorzuheben ist weiterhin die hohe Durchbruchsspannung der Verbindungsschicht von bis zu  $3 \times 10^6$  Volt/cm, die für eine gute elektrische Isolation der einzelnen Bauelementebenen sorgt.

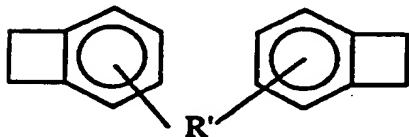
Benzocyclobutene zeigen eine thermische Umlagerung in Chino-Dimethane:



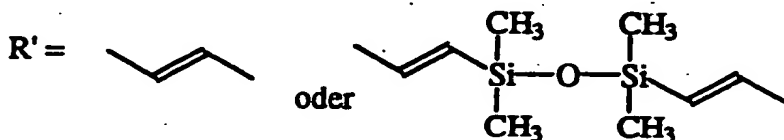
Die Chino-Dimethane wiederum gehen mit sich selbst oder mit anderen ungesättigten Verbindungen eine Cycloaddition unter Ausbildung eines Sechsrings ein:



Zur Ausbildung eines vernetzten Polymers sind Bisbenzocyclobutene der allgemeinen Strukturformel



geeignet, bei denen R' ein zweiwertiger organischer oder anorganischer Rest ist, der zumindest eine ungesättigte C—C-Bindung enthält, vorzugsweise in Konjugation mit dem Aromaten. Ein bevorzugtes Bisbenzocyclobuten besitzt als Rest R eine Divinyltetramethyldisiloxangruppe, und ist unter dem Handelsnamen Cyclotene® 3022 (Dow) im Handel erhältlich.



Dieses spezielle BCB wurde als Dielektrikumpolymer für elektronische Anwendungen entwickelt. Bereits beschrieben worden sind Verwendungen bei Multichipmodulen als Dielektrikums- und Zwischenschicht. Als Vorteil hat sich dabei erwiesen, daß sich auf gehärteten (polymerisierten) BCB-Schichten problemlos weitere Halbleiter-, Oxid-, Nitrid- und Metallschichten abscheiden lassen, die zum BCB eine gute Haftung aufweisen.

Die Erfindung zeigt, daß sich BCB bei vertikal integrierten Halbleiterbauelementen auch als Verbindungsschicht einsetzen läßt, wobei dem BCB eine Klebstofffunktion zukommt. Da eines der Substrate bis auf eine Dicke von nur wenigen um gedünnt ist und sich daher wie eine Folie verhält, die empfindlich auf Verwerfungen und sonstige Spannungen mit einer Änderung ihrer Bauelementeigenschaften reagieren kann, werden an die Zwischenschicht bzw. an die Klebeverbindung hohe Anforderungen gestellt. Die BCB-Schicht erfüllt alle diese Anforderungen, ist einfach anzuwenden und führt zu einem voll funktionstüchtigen vertikal integrierten Halbleiterbauelement.

Im erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement sind zumindest zwei Substrate integriert, die aus gleichem oder unterschiedlichem Material bestehen können. Möglich ist es auch, auf den beiden Substraten unterschiedliche Arten von Bauelementen zu erzeugen, so daß auch unterschiedliche Herstellungsprozesse zum Einsatz kommen können, die auf einem einzigen Substrat nicht kompatibel wären. Möglich ist es beispielsweise, bipolare und

CMOS-Schaltungen in Siliziumsubstraten mit entsprechenden ähnlichen oder anderen Schaltungen auf beispielsweise III/V-Verbindungshalbleitersubstraten zu kombinieren. Schnelle Schaltungen in III-V-Technik können so beispielsweise mit hochintegrierten Speichern kombiniert werden. In entsprechender Weise ist es auch möglich, unterschiedliche Anwendungen in einem vertikal integrierten Halbleiterbauelement zu vereinen, beispielsweise optoelektronische und lichtverarbeitende Bauelemente auf zum Beispiel InGaAsP/InP- oder GaAs/GaAlAs-Basis mit den entsprechenden Treiber- oder Verstärkerschaltungen in Silizium.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung des neuartigen vertikal integrierten Halbleiterbauelements wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt im schematischen Querschnitt ein erstes Substrat mit Ausschnitten einer darin integrierten Schaltung bzw. eines Bauelements.

Fig. 2 bis 4 zeigen ein zweites Substrat mit darin integriertem Bauelement bzw. Schaltung im schematischen Querschnitt, während in den

Fig. 5 und 6 in gleicher Darstellungsweise zwei Verfahrensstufen beim Verbinden der beiden Substrate dargestellt sind.

Fig. 7 zeigt ein mögliches Temperaturprogramm, mit dem erfindungsgemäß die Klebeverbindung zwischen erstem und zweitem Substrat hergestellt werden kann.

Fig. 1 zeigt ein erstes Substrat S1, in dem eine Halbleiterschaltung realisiert ist. Der Übersichtlichkeit halber sind von dem Bauelement nur zwei Metallisierungen 3 und 4 dargestellt, die über einer isolierenden Schicht 2 angeordnet sind. Während die Metallisierung 3 von einer Passivierungsschicht 5 abgedeckt ist, ist die Metallisierung 4 zur Kontaktierung mit einer weiteren Bauelementebene, also mit einem zweiten Substrat S2 vorgesehen. Zum besseren Anschluß der Metallisierung 4 ist über dieser ein erster Kontaktbereich KB1 vorgesehen, der elektrisch leitend mit der Metallisierung 4 in Verbindung steht. Der erste Kontaktierungsbereich KB1 ist aus einem beliebigen elektrisch leitenden Material gefertigt und besteht in einer speziellen Ausführung der Erfindung aus einer niedrig schmelzenden Metallegierung, beispielsweise AuIn, AgSn oder SnPb.

In Fig. 2 ist ein zweites, beispielsweise aus Silizium bestehendes Substrat 2 dargestellt, in dem ein elektrisches Bauelement oder eine Halbleiterschaltung realisiert ist. Auch hier ist wegen der besseren Übersichtlichkeit nur eine Metallisierungsebene dargestellt, über die Funktionsbereiche des Bauelements oder der Schaltung elektrisch angesteuert werden. Von der Metallisierungsebene sind in der Figur die Metallisierungen 3' und 4' über einer Isolationsschicht 2' dargestellt. Abgedeckt ist die aus den Metallisierungen 3' und 4' bestehende Metallisierungsebene mit einer Passivierungsschicht 5'. Mit Hilfe einer Ätzmaske 6, die beispielsweise über eine Photolacktechnik in einer Siliziumnitridschicht realisiert ist, wird der für das Kontaktloch KL vorgesehene Bereich definiert. Das Kontaktloch selbst wird über ein anisotropes Trockenätzverfahren bis zu einer Tiefe von beispielsweise 5 bis 7 µm erzeugt. Darüber wird ganzflächig eine weitere Passivierung 7 abgeschieden, beispielsweise ein Oxid, welches auch die Innenseiten des Kontaktloches bedeckt. Mittels einer Ätzmaske (nicht dargestellt), die ebenfalls mit einer Photolacktechnik geöffnet werden kann, wird die Oberfläche der Metallisierung 4 freigelegt, die den zweiten Kontaktbereich KB2 darstellt, der zur vertikalen Kontaktierung mit der ersten Bauelementebene vorgesehen ist.

Vor der Verbindung der beiden Substrate S1 und S2 wird die Rückseite des zweiten Substrats S2 (= zweite Oberfläche O2) soweit abgetragen bzw. gedünnt, bis eine die Funktionsfähigkeit der Bauelemente bzw. der Schaltungen im Substrat S2 garantierende Restschichtdicke verbleibt. Das Abtragen der Substratrückseite kann zum Beispiel durch Rückschleifen (zum Beispiel CMP, Chemical Mechanical Polishing) oder Rückätzen erfolgen. Die Tiefe des Kontaktlochs KL ist dabei so gewählt, daß beim Dünnen des Substrats S2 der Boden des Kontaktlochs mit abgetragen wird, so daß eine durch das ganze Substrat S2 reichende Öffnung entsteht. Die Handhabung des gedünnten Substrates S2 wird erleichtert, wenn auf der Vorderseite (erste Oberfläche) des Substrats S2 vor dem Dünnen über den Bauelementstrukturen ein weiteres Substrat 9 als Hilfssubstrat zum Beispiel mittels einer Haftschrift 8 befestigt wird. Diese Haftschrift kann beispielsweise aus Polyimid, Polyacrylat oder Epoxid bestehen. Sie wird in einer Dicke von beispielsweise 1,5 µm aufgebracht und verbindet das Hilfssubstrat 9 mit dem zweiten Substrat. Besonders günstig kann dieses Kleben auf einer BCB-Schicht erfolgen, mit der vorher das Substrat S2 planarisiert wurde. Fig. 4 zeigt die Anordnung nach dem teilweisen Abtragen der zweiten Oberfläche O2, wobei eine Öffnung zum Kontaktloch KL entstanden ist.

Im nächsten Schritt wird das mit dem Hilfssubstrat 9 verbundene zweite Substrat S2 mit dem ersten Substrat S1 verbunden. Dazu wird auf zumindest einer der beiden zu verbindenden Oberflächen Benzocyclobuten in einer solchen Schichtdicke aufgeschleudert, daß eine ausreichende Planarisierung erfolgt. Als BCB wird beispielsweise das bereits genannte Cyclotene® 3022 verwendet, welches als Lösung in Mesitylen in verschiedenen Konzentrationen erhältlich ist. Ein gewünschter Planarisierungsgrad bzw. eine dafür erforderliche Schichtdicke der BCB-Schicht (Verbindungsschicht VS) kann über die Konzentration der BCB-Lösung eingestellt werden. Möglich ist es jedoch auch, eine erste BCB-Schicht zur Planarisierung aufzuschleudern, das Lösungsmittel durch Trocknen zu entfernen, die erste BCB-Schicht durch Erwärmen zumindest teilweise zu polymerisieren und anschließend eine weitere dünne BCB-Schicht als Klebeschicht aufzuschleudern. Mit dem genannten BCB werden jedoch bereits mit einer Schicht Planarisierungsgrade von mehr als 90 Prozent erzielt. Nach dem später durchzuführenden thermischen Härtingsprozeß verbinden sich die BCB-Einzelschichten zu einer monolithischen Verbindungsschicht VS. Das gleiche gilt für eine weitere BCB-Schicht, die auf der zweiten Oberfläche O2 des zweiten Substrats aufgebracht werden kann. Nach Trocknen und gegebenenfalls Vorpolymerisieren der BCB-Schichten werden die beiden Substrate S1 und S2 paßgenau übereinandergesetzt, so daß die Öffnung des Kontaktlochs direkt über dem ersten Kontaktbereich KB1 zu liegen kommt. Zur genauen Justierung können Justiermarken auf den Substraten vorgesehen sein.

Nach dem Zusammenfügen der beiden Substrate wird die gegebenenfalls aus mehreren Teilschichten bestehende BCB-Schicht thermisch zur monolithischen Verbindungsschicht VS gehärtet. Dazu wird die Anordnung

mit möglichst niedriger Aufheizrate  $v$  n beispielsweise 0,5 bis 5 Grad pro Minute bis zu einer zur Härtung ausreichenden Temperatur aufgeheizt, die üblicherweise zwischen 180 und 220°C, zum Beispiel bei 200°C, liegt. Nach einer Haltezeit von mehreren Stunden bei dieser Temperatur ist ein Polymisationsgrad von 80 bis 98 Prozent erreicht, der bereits zu einer spannungsfreien dimensionsstabilen Verbindung zwischen beiden Substraten ausreichend ist. Zur vollständigen Härtung wird nun noch kurz auf eine höhere Temperatur von 250 bis 350°C aufgeheizt. Danach kann rasch abgekühlt werden. In Fig. 7 ist dieses zur Härtung der BCB-Schicht (EM) geeignete Temperaturprogramm dargestellt.

Nach dem Verbinden der beiden Substrate mittels der Verbindungsschicht VS wird das Hilfssubstrat samt der Klebstoffschicht 8 entfernt. Dies kann beispielsweise durch Abätzen, Plasmaveraschen oder anderweitiges Auflösen der Klebstoffschicht erfolgen. Gegebenenfalls wird die Oberfläche anschließend noch gereinigt. Fig. 5 zeigt die Anordnung nach diesem Verfahren.

Im nächsten Schritt wird die Verbindungsschicht VS durch das Kontaktloch hindurch entfernt, bis im Bereich des Kontaktlochs die Oberfläche des ersten Kontaktbereichs KB1 freigelegt ist. Dazu ist ein Trockenätzverfahren mit einem  $CF_4/O_2$ -haltigen Plasma geeignet.

Im nächsten Schritt wird die vertikale Kontaktstruktur VK erzeugt, indem ganzflächig auf die erste Oberfläche des zweiten Wafers S2 ein ausreichend elektrisch leitfähiges Kontaktmaterial aufgebracht wird, welches außerdem zur Auffüllung des Kontaktlochs geeignet ist, beispielsweise CVD-Wolfram oder Wolframsilizid. Auf diese Weise wird eine elektrisch leitende Verbindung zwischen dem ersten Kontaktbereich KB1 des ersten Substrats bzw. der ersten Bauelementebene und dem Kontaktbereich KB2 der zweiten Bauelementebene hergestellt. Anschließend wird überschüssiges Kontaktmaterial entfernt, beispielsweise durch Abätzen über eine beispielsweise aus Siliziumnitrid bestehende Ätzmaske. Fig. 6 zeigt die Anordnung nach diesem Schritt, wobei nun ein bereits voll funktionsfähiges Halbleiterbauelement mit zwei Bauelementebenen vorliegt.

Zur weiteren Steigerung der Integrationsdichte kann über dem Halbleiterbauelement noch eine weitere Bauelementebene aufgebracht und vertikal mit der darunterliegenden Bauelementebene kontaktiert werden, wobei das eben hergestellte Halbleiterbauelement anstelle des ersten Substrats S1 in dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt wird.

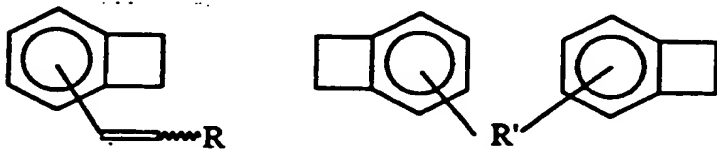
In einer Variation des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, das Kontaktloch KL erst nach dem Zusammenfügen der beiden Substrate zu erzeugen. In entsprechender Abwandlung des Verfahrens schließen sich danach folgende Schritte an: Abscheiden einer Passivierungsschicht 7, Trockenätzen der Passivierungs- und der Verbindungsschicht VS im Bereich des Kontaktlochs KL, Abscheiden eines Kontaktmaterials unter Herstellung einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen erstem und zweitem Kontaktbereich, sowie Rückätzen überschüssigen Kontaktmaterials. Auch mit dieser Variante wird eine Struktur nach Fig. 6 erhalten.

#### Patentansprüche

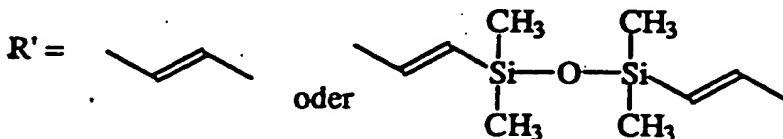
1. Halbleiterbauelement (B) mit einer mehrere Bauelementebenen umfassenden Schichtstruktur, umfassend
  - ein erstes Substrat (S1), in dem zumindest ein Bauelement oder eine Halbleiterschaltung mit einem elektrisch leitenden ersten Kontaktbereich (KB1) realisiert sind,
  - ein zweites Substrat (S2), in dem zumindest ein weiteres Bauelement oder eine weitere Schaltung realisiert sind, und das einen elektrisch leitenden zweiten Kontaktbereich (KB2) aufweist,
  - eine die beiden Substrate (S1, S2) verbindende Verbindungsschicht (VS) und
  - eine vertikale Kontaktstruktur (VK), die den ersten Kontaktbereich (KB1) und den zweiten Kontaktbereich (KB2) elektrisch leitend verbindet,

dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsschicht (VS) ein homopolymerisiertes Benzocyclobuten (BCB) umfaßt.

2. Halbleiterbauelement (B) nach Anspruch 1, bei dem das homopolymerisierte Benzocyclobuten abgeleitet ist von einem Monomer mit einer der allgemeinen Strukturen



wobei R einen beliebigen aliphatischen oder aromatischen Rest darstellt und



3. Halbleiterbauelement (B) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die vertikale Kontaktstruktur (VK) aufgebaut ist aus Wolfram, Wolframsilizid oder Wolframnitril.

4. Halbleiterbauelement (B) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem zumindest eines der Substrate (S1,

S2) Silizium umfaßt.

5. Halbleiterbauelement (B) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die vertikale Kontaktstruktur (VK) stiftförmig ausgebildet ist.

6. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit Schichtstruktur und vertikaler Kontaktstruktur (VK) mit den Schritten

- Ausbilden eines Bauelements oder einer Schaltung mit einem ersten Kontaktbereich (KB1) in einem ersten Substrat (S1)
- Ausbilden eines weiteren Bauelements oder einer weiteren Schaltung mit einem zweiten Kontaktbereich (KB2) in einer ersten Oberfläche eines zweiten Substrats (S2)
- Ganzflächiges Abtragen von Substratmaterial der zweiten Oberfläche des zweiten Substrats (S2) zur Reduzierung der Schichtdicke
- Verkleben des ersten Substrats (S1) mit der zweiten Oberfläche des zweiten Substrats (S2) mit Hilfe von Bisbenzocyclobuten und
- Herstellen einer elektrisch leitenden Verbindung zwischen dem ersten Kontaktbereich (KB1) und dem zweiten Kontaktbereich (KB2) durch eine vertikale Kontaktstruktur (VK).

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das Herstellen der elektrisch leitenden Verbindung folgende Schritte umfaßt

- Ausbilden eines Kontaktloches (KL) in der ersten Oberfläche (O1) des zweiten Substrats durch Ätzen unter Freilegen des ersten Kontaktbereichs (KB1) des ersten Substrats,
- Auffüllen des Kontaktloches durch ganzflächiges Abscheiden und Rückätzen eines Kontaktmaterials so, daß die vertikale Kontaktstruktur (VK) entsteht.

8. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem im ersten Substrat (S1) ein Kontaktloch (KL) vor dem Verkleben der beiden Substrate erzeugt und nach dem Verkleben mit Kontaktmaterial aufgefüllt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem das Verkleben der beiden Substrate erfolgt durch Aufschleudern einer BCB-Lösung auf zumindest eine der zu verklebenden Oberflächen, Trocknen der aufgeschleuderten BCB-Schicht(en), Zusammenfügen der beiden Substrate und Polymerisation der BCB-Schicht(en) durch thermische Härtung.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem zur thermischen Härtung zunächst mit einer Aufheizrate von 0,5—5 Grad/min bis zu einer Temperatur von 180—220°C aufgeheizt wird, bei dieser Temperatur gehalten wird, bis ein Polymerisationsgrad von 80 bis 98% erreicht ist, zur vollständigen Polymerisation auf eine Temperatur von 250 bis 350°C aufgeheizt und anschließend rasch abgekühlt wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG 4

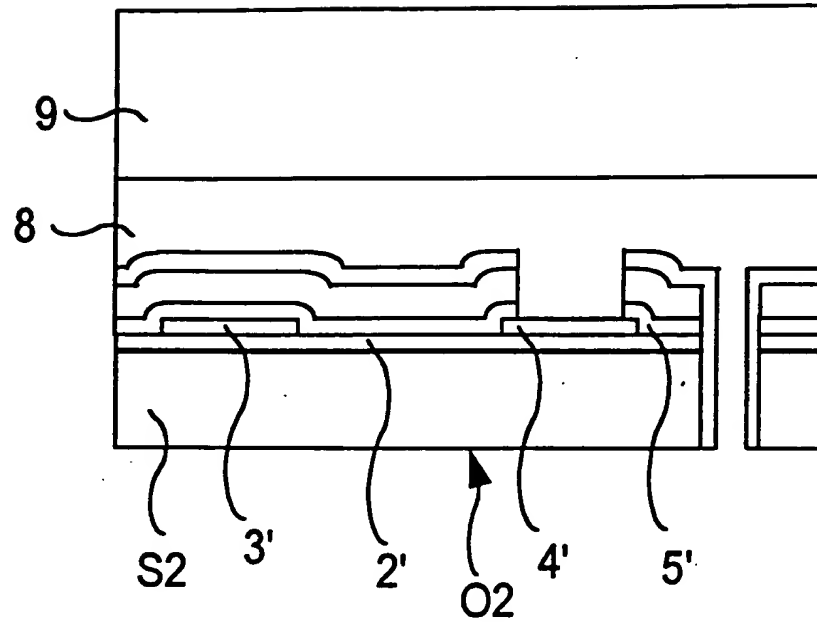


FIG 5

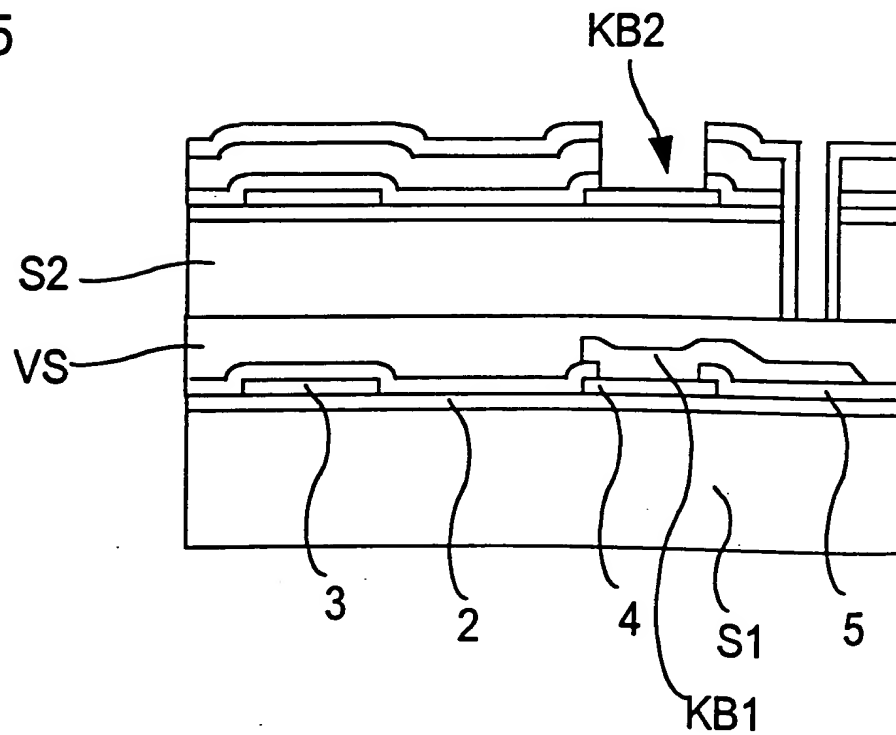




FIG 6

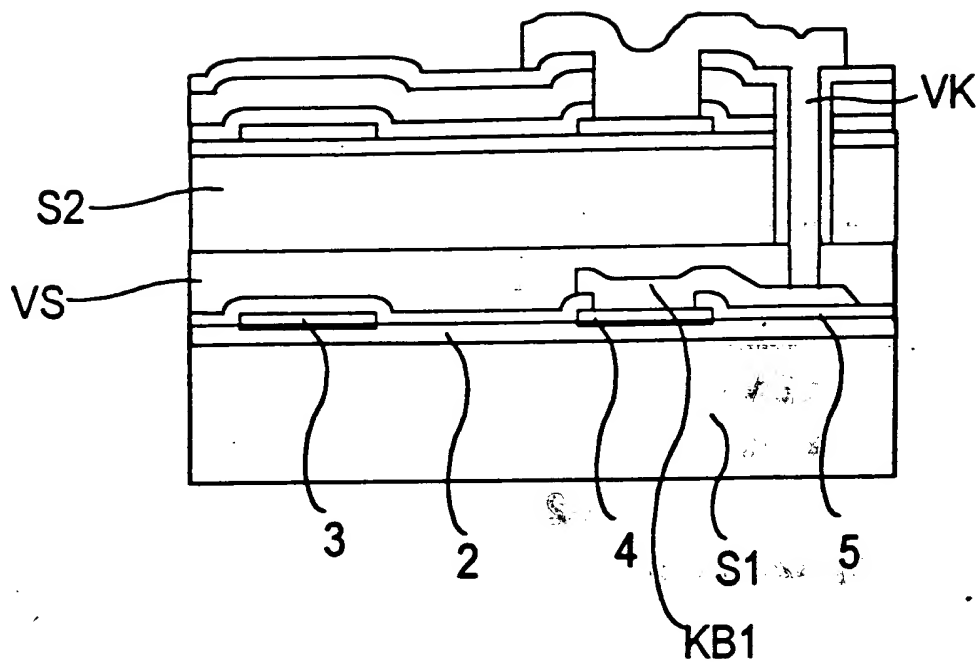


FIG 7

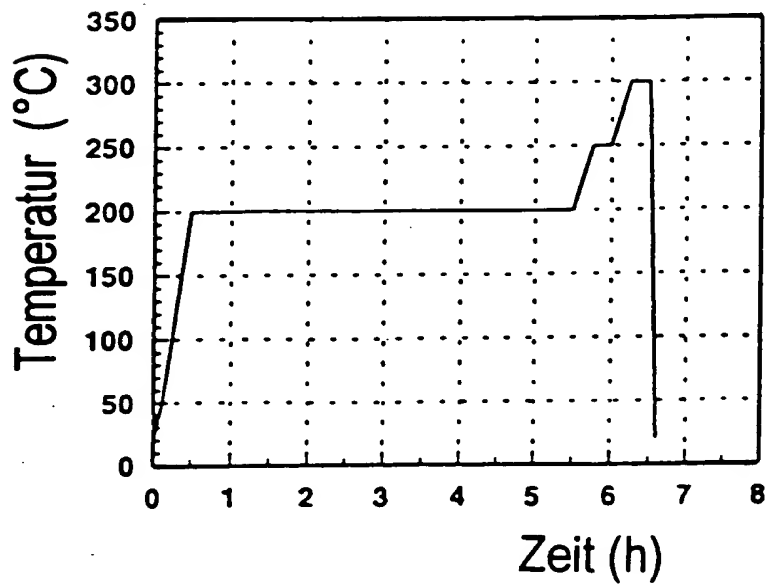
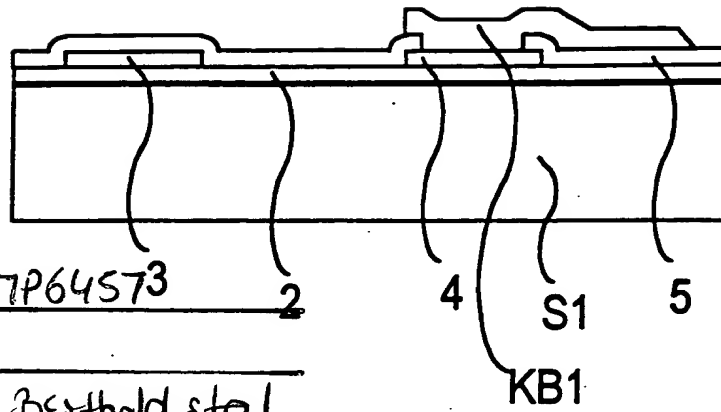


FIG 1



DOCKET NO: 6897P64573

SERIAL NO: \_\_\_\_\_

APPLICANT: Jörg Berthold et al.

LEWIS AND GREENBERG, P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100

FIG 2

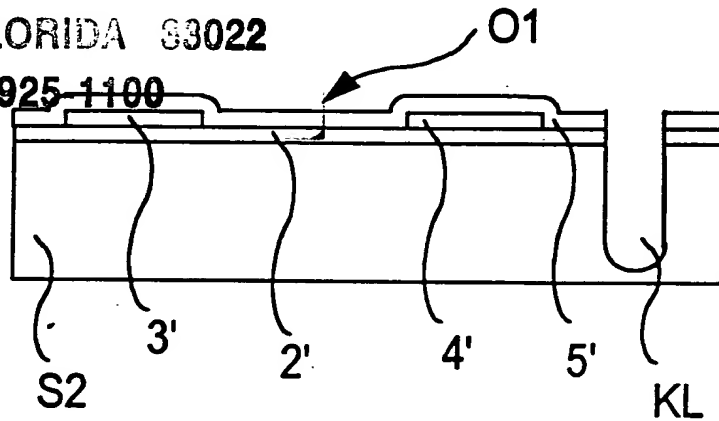


FIG 3

